

ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE COLOR DE LOS CÍTRICOS MEDIANTE ANÁLISIS DE IMAGEN EN DISPOSITIVOS MÓVILES

¹ Centro de Agroingeniería.
Instituto Valenciano de
Investigaciones Agrarias (IVIA).
Moncada, Valencia, España.
e-mail: cubero_ser@gva.es

² Instituto Interuniversitario de
Investigación en Bioingeniería y
Tecnología Orientada al Ser
Humano.
Universitat Politècnica de València.
Valencia, España.

³ Departamento de Expresión Gráfica.
Universidad Politécnica de
Cartagena. Murcia, España.

⁴ Grupo de Ingeniería Estadística
Multivariante.
Departamento de Estadística e IO
Aplicadas y Calidad.
Universitat Politècnica de València,
Valencia, España.

Resumen

El color es un parámetro que se relaciona habitualmente con la madurez de la fruta. Para estimar el color de los cítricos, utilizado para decidir el momento de recolección o el tiempo en cámaras de desverdizado, el Centro de Postcosecha del IVIA estableció el Índice de Color de los Cítricos (ICC) y unas tarjetas de texturas que representan la piel de los cítricos con doce índices. Estas tarjetas tienen un orificio donde se sitúa la fruta y permiten comparar de forma visual la piel con el ICC impreso en las texturas. Otra forma de estimar el color es utilizando colorímetros. Sin embargo, las tarjetas ofrecen estimaciones subjetivas y los colorímetros datos poco precisos basados en una pequeña zona de la fruta.

Para facilitar la estimación de este índice, se ha desarrollado una aplicación gratuita para dispositivos móviles Android que utiliza técnicas de análisis de imagen y la cámara del dispositivo. Esta aplicación muestra en vivo las imágenes y el ICC estimado de modo similar a las tarjetas de texturas, con un área circular en la que se muestra la superficie de la fruta y sobre la que se realiza el análisis. Los ensayos realizados demuestran la fiabilidad y robustez de la aplicación.

Palabras clave: Desverdización, recolección, postcosecha, condiciones de campo, nuevas tecnologías, Android.

INTRODUCCIÓN

El color de es uno de los atributos más importantes que un cliente tiene en cuenta a la hora de elegir un producto agroalimentario, ya que habitualmente se asocia a la frescura o madurez del mismo (Campbell *et al.*, 2004). Con los cítricos ocurre algo similar, un consumidor rara vez elegirá un producto con un color no habitual o que no haya alcanzado una maduración adecuada. El momento de la recolección depende también de dicho estado de madurez asociado a su color. Los cítricos habitualmente se recolectan de forma manual, se cargan en cajas y se transportan a almacenes frutícolas, donde se trata con productos fitosanitarios,

se clasifican en lotes y se almacenan hasta que llegue el momento de su comercialización. Sin embargo, en ciertos momentos, sobre todo al inicio de la campaña, la recolección puede depender de otros factores por lo que no toda la fruta presenta un color óptimo. En el caso de que la fruta no haya madurado completamente, será necesario someterla a tratamientos de desverdizado en cámaras hasta que alcancen su coloración comercial óptima. La duración de estos tratamientos dependerá de su grado de madurez, por lo que es importante estimarlo. El índice de color de los cítricos (ICC) es uno de los principales parámetros utilizados en la industria cítrica para determinar el momento de la recolección o el tipo de tratamiento que precisa la fruta (Jiménez-Cuesta *et al.*, 1981). En la industria se suelen utilizar colorímetros para medir el color expresándolo

de forma precisa como coordenadas numéricas (Gardner, 2007). Estos dispositivos (Figura 1.a, pág. 154) emiten una luz que es reflejada sobre la superficie del objeto y recibida por un sensor. Sin embargo, estos dispositivos son muy costosos y presentan la problemática de que el área de medida es muy pequeña, lo que hace que el valor medido no sea representativo en frutas con color poco homogéneo, y que la esfericidad de la fruta complique la medida al ser más difícil de fijar sobre la superficie.

Para hacer más simple y accesible el cálculo del ICC, el Departamento de Postcosecha del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) editó dos conjuntos de tarjetas formados por doce texturas de color (Cuquerella *et al.*, 2004), uno adaptado para naranjas (Figura 1.b) y otro muy similar para mandarinas.



Figura 1. a) Colorímetro y b) tarjetas de texturas editadas por el IVIA.



Figura 2. Captura de la pantalla de la aplicación.

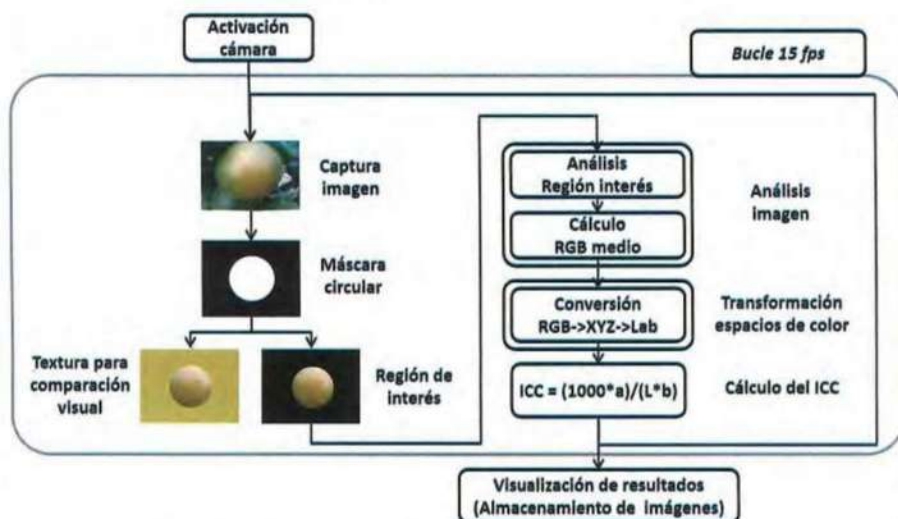


Figura 3. Diagrama de funcionamiento de la aplicación.



Figura 4. Parte de la fruta utilizada para los experimentos.

Borneo® nos lleva a Borneo

Borneo®, la elección inteligente contra ácaros tetránquidos, es un acaricida descubierto y desarrollado por Sumitomo Chemical, y comercializado por Kenogard S.A. Está formulado a base de Etoxazol 11% SC, y es la principal solución acaricida utilizada en gran diversidad de cultivos en España y en un gran número de otros países.

Inicialmente **Borneo®** obtuvo su registro en España para su uso en el control de ácaros tetránquidos en cultivos de algodón, cítricos, manzano, melocotonero y nectarina. Posteriormente, en febrero de 2011, estos usos se ampliaron también a fresa, melón, sandía, tomate, vid y ornamentales herbáceas. Este mismo año, en febrero 2015 se ha ampliado su registro a tres nuevos cultivos: cerezo, ciruelo y platanera. Con ello, es posible su uso en la práctica totalidad de cultivos donde los ácaros tetránquidos (*Panonychus*, *Tetranychus*, *Eutetranychus*,...) constituyen un serio problema.

Con motivo del 10º aniversario del lanzamiento de **Borneo®** en España, y para celebrarlo, Kenogard S.A. organiza un sorteo para sus clientes, consistente en un fantástico viaje a la isla de Borneo. Infórmate en tu punto de venta o directamente en la web www.kenogard.es

10 años
BORNEO®

Estas tarjetas poseen una ventana circular para permitir realizar una comparación visual de la superficie de los cítricos con cada tarjeta de textura y de este modo estimar el valor del ICC de dicho fruto impreso en cada tarjeta (DOGV, 2006).

En la actualidad se utilizan frecuentemente dispositivos basados en visión por computador para la estimación de ciertos parámetros relacionados con la calidad de los productos agroalimentarios, como tamaño, color, forma y presencia de defectos. Resulta habitual encontrarlos en líneas de confección de cítricos en medianos y grandes almacenes. Estos sistemas permiten estimar el color de forma mucho más precisa y objetiva que la percepción propia del ser humano. Para ello se utilizan cámaras y técnicas de análisis de imagen proporcionando datos muy fiables. Una de las grandes ventajas de estos sistemas frente a los colorímetros reside en que con estos se puede analizar una mayor superficie o incluso el objeto entero, lo que hace que sea un método más adecuado especialmente para casos en que la fruta tiene un color heterogéneo (Cubero *et al.*, 2011; Lorente *et al.*, 2012). Los sistemas de visión por computador constan de un ordenador que a partir de las imágenes adquiridas por una cámara en un entorno de iluminación más o menos controlado, muestran por pantalla el resultado proporcionado por los algoritmos de análisis de imagen y permiten enviar información al control de las máquinas para realizar la clasificación de la fruta. Con ellos resulta muy sencillo estimar el ICC de la fruta, sin embargo, son difíciles de utilizar en campo. Habitualmente se utilizan con fruta ya recolectada y en almacenes, pero estos sistemas como tal no permitirían su uso en el campo para estimar el momento preciso de la recolección. Resulta necesario por ello desarrollar nuevos sistemas que presenten una alta precisión pero de forma cómoda, autónoma y portable.

Los dispositivos móviles se utilizan cada vez más en la vida cotidiana. Hoy en día resulta poco habitual encontrar a alguien que no utilice un dispositivo móvil inteligente de última generación. Muchos de estos dispositivos alcanzan una potencia similar a la de un ordenador personal pero en un tamaño de bolsillo y con un funcionamiento portátil y autónomo. El gran avance que han supuesto estos dispositivos se centra en la incorporación de sensores que permiten su utilización en multitud de escenarios y en el desarrollo y uso de aplicaciones que a menudo hacen uso de estos sensores. Se considera que estos dispositivos pueden ser utilizados como sencillos y accesibles sistemas de visión por computador.

Comparando los diferentes dispositivos y sus características, se observa como las tarjetas de texturas ofrecen una baja precisión ya que depende de la percepción del usuario aunque por el contrario su uso resulta muy accesible y sencillo. Los colorímetros y la visión por computador, ofrecen valores completamente repetibles y objetivos, aunque en los primeros, al tener una pequeña zona de medida no resultan muy precisos con fruta que tiene un color heterogéneo, siendo ambos muy costosos. En el caso de los sistemas de visión por computador, la capacidad de estimación de color es muy elevada, sin embargo el coste y complejidad de los dispositivos hace que no sean muy apropiados para este caso. Una aplicación a medida para la estimación del color y del ICC sobre un dispositivo móvil presenta muchas ventajas tanto en precisión como portabilidad y sencillez de uso, lo que hace que sea una herramienta a tener en cuenta para ayudar al agricultor en la toma de decisiones en cualquier momento y lugar.

En este trabajo se presenta una aplicación gratuita para estimar el ICC utilizando dispositivos móviles con sistema Android, utilizando la cámara

del dispositivo y su capacidad de cálculo, de modo similar a un sistema de visión por computador en línea, capturando imágenes y analizándolas en tiempo real para calcular y mostrar en pantalla el ICC de la fruta.

MATERIALES Y MÉTODOS

La aplicación ha sido desarrollada para ser empleada en dispositivos que utilizan la plataforma Android, ampliamente utilizada en dispositivos móviles (Puder y Antebi, 2013) y que permite utilizar y programar utilizando una licencia libre del kit de desarrollo de software (SDK) para Android y las librerías gráficas de código abierto OpenCV.

La interfaz de la aplicación creada (Figura 2) está dividida en dos zonas. A la izquierda se muestra la zona de tarjetas de texturas y algunas opciones de configuración. A la derecha la zona de captura de imágenes y de visualización de los resultados.

En la parte izquierda del interfaz se visualiza una muestra de las tarjetas de texturas junto con su correspondiente valor del ICC. Activando la opción "Texturas" en la parte superior, se puede mostrar en la zona de captura el fondo correspondiente a la tarjeta seleccionada y un círculo donde se visualiza la imagen que proviene de la cámara, de forma que se puede realizar una comparación visual de modo similar a las tarjetas tradicionales. El diámetro del círculo de captura se puede modificar ampliándolo o reduciéndolo para que ajuste mejor al tamaño de la fruta. Para mejorar la adquisición de las imágenes, la aplicación permite hacer uso de los controles de la cámara, como habilitar el bloqueo de la exposición (EXP) y el del balance de blancos automático (AWB), o en el "menú de preferencias" activar o no el flash del dispositivo, en caso de que éste disponga de estas características.

En la parte superior derecha de la zona de visualización se muestra el resultado de los cálculos realizados sobre la imagen de la fruta adquirida por la cámara. En la parte superior aparece el valor del ICC promediado de las últimas 5 capturas. Además, en el menú de configuración se puede seleccionar qué valores de los espacios de color RGB, XYZ, Hunter Lab y HSI se desea mostrar por pantalla. Esta característica resulta interesante para poder comparar los resultados obtenidos con los que proporcionan otras cámaras o colorímetros.

El área efectiva de análisis de las imágenes se lleva a cabo en el interior del círculo donde se visualiza la muestra, independientemente de la superposición o no de texturas en pantalla. Una vez iniciada la aplicación, se activa la cámara del dispositivo y se visualizan las imágenes en vivo, de modo similar a como lo haría la aplicación nativa de la cámara del dispositivo, y sobre estas se muestra la información calculada de todos los píxeles que pertenecen a este área. Esta información corresponde al ICC de la fruta e información adicional relacionada con otros espacios de color. El proceso para obtener el ICC comienza con el cálculo del valor RGB medio de todos los píxeles del área de análisis. Para ayudar a ello se crea una máscara en la que únicamente se tienen en cuenta los valores del interior del círculo seleccionado. Este valor RGB se convierte al espacio de color XYZ y posteriormente a los espacios de color HSI y HunterLab, utilizando las ecuaciones descritas por Mendoza *et al.* (2006) y los parámetros correspondientes al iluminante D65 y observador 10° descritos en HunterLab (2008). Una vez realizada esta conversión, el ICC se calcula utilizando la Ecuación (1), donde las variables L, a, b corresponden a las coordenadas del espacio de color HunterLab.

$$ICC = \frac{1000 \cdot a}{L \cdot b} \quad (1)$$

Además la aplicación permite almacenar la información en memoria, tanto la captura de pantalla con los valores calculados como la imagen original de la cámara, ambas en formato JPEG, para poder visualizar posteriormente los resultados calculados. Para ello simplemente hay que tocar la zona de captura y la aplicación almacena las imágenes automáticamente. En la Figura 3 (pág. 154) se muestra el funcionamiento del algoritmo para el cálculo del ICC implementado.

Una de las premisas a tener en cuenta durante el desarrollo de la aplicación es que debería funcionar en cualquier dispositivo. En el mercado existen multitud de modelos y marcas con distinto hardware de adquisición y configuraciones. Para comprobar el funcionamiento de la aplicación, se han utilizado cuatro dispositivos con características de hardware diferentes, dos teléfonos móviles y dos tabletas (Tabla 1), todos ellos con versiones de Android 4.0 o superior.

Para comprobar si la aplicación se puede utilizar potencialmente para calcular el ICC y ver la precisión alcanzada por esta aplicación móvil cuando se trabaja en condiciones de campo y con diferentes dispositivos móviles, se ha utilizado un colorímetro (CR-300, Konica Minolta Inc., Japan) como el de la Figura 1.a a modo de referencia para el cálculo del color y una campana cerrada con iluminación controlada para comprobar el efecto de la iluminación en exteriores y en un ambiente de luz controlado. Esta campana tiene ocho tubos fluorescentes de 18 W

(Daylight D65-18W, Philips, The Netherlands) distribuidos uniformemente y alimentados por balastos electrónicos para evitar el efecto de parpadeo, y filtros de polarización cruzada entre la cámara y los tubos para evitar posibles brillos sobre la superficie de los objetos.

Como material vegetal, se han utilizado 115 naranjas recolectadas en parcelas del IVIA de los cultivares Navelate, Bonanza, Cram y Oronules en diferentes estados de madurez y con gran variabilidad de color (Figura 4, pág. 154) con el fin de tener una muestra representativa de la fruta que se puede ver en el campo. Se prepararon dos lotes, uno para el trabajo de campo compuesto por 55 naranjas y otro de 60 para utilizar en condiciones de laboratorio. El primer lote se numeró en el propio árbol, sin desprender la fruta y en la parte contraria a donde se realizaría la medida. Se midió su color utilizando la aplicación desarrollada instalada en los cuatro dispositivos móviles. Posteriormente se recolectó la fruta y se repitió la medición en condiciones de laboratorio, tanto con los dispositivos móviles como con el colorímetro. El segundo lote de 60 naranjas se recolectó y numeró en la parte trasera de la zona donde se toman las medidas.

El trabajo se ha dividido en tres partes con los siguientes objetivos principales y las pruebas a realizar para llevarlos a cabo:

1. Comprobar el comportamiento de los cuatro dispositivos móviles comparando su funcionamiento en condiciones de campo respecto de los datos obtenidos por el

Tabla 1. Características de los dispositivos utilizados para probar la aplicación.

Dispositivo	Móvil Samsung S-III	Móvil Samsung S-III mini	Tableta Samsung Tab-2	Tableta Ampe A78
Cámara	8 MP	5 MP	3 MP	2 MP
Flash	LED	LED	NO	NO
Tiempo Exposición	MAN / AUTO	AUTO	MAN / AUTO	AUTO
Balance blancos	MAN / AUTO	AUTO	MAN / AUTO	AUTO

colorímetro. Para lograrlo, sobre la fruta del primer lote se obtuvo el ICC de cada una en el árbol utilizando los cuatro dispositivos móviles, con y sin flash y la aplicación desarrollada. Con cada dispositivo se realizaron cuatro medidas del ICC, y su valor promedio se comparó con el valor promedio obtenido a partir de cuatro medidas realizadas con el colorímetro en condiciones de laboratorio.

2. Comprobar el comportamiento de la aplicación sobre los cuatro dispositivos móviles en condiciones de iluminación controladas respecto de los datos obtenidos por el colorímetro. Se midió el ICC de cada fruta recolectada del primer lote utilizando los cuatro dispositivos móviles, esta vez sin utilizar el flash y bajo iluminación controlada en el interior de la campana descrita anteriormente. La comparación se realizó del mismo modo que en el anterior objetivo.

3. Comprobar el comportamiento de los dispositivos móviles en comparación con los datos proporcionados por dos expertos utilizando las tarjetas de texturas. Para ello se midió el ICC de cada fruta recolectada en el segundo lote con los cuatro dispositivos móviles, sin utilizar el flash y bajo iluminación controlada, y los datos obtenidos se compararon con los resultados obtenidos por dos expertos utilizando las tarjetas de texturas.

Para homogeneizar los datos obtenidos por los dispositivos, se han desactivado ciertas características en todos ellos, como el bloqueo de los modos automáticos de balance de blancos y tiempos de exposición, ya que estas solo estaban disponibles en algunos de los dispositivos.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

El primer objetivo de este trabajo consiste en comprobar el comportamiento de los cuatro dispositivos móviles comparando su funcionamiento en condiciones de campo respecto de los datos obtenidos por el colorímetro. Para lograrlo se han utilizado las 55 frutas del primer lote. Se realizó el cálculo de diferentes modelos de regresión utilizando los valores del ICC obtenidos con el colorímetro como variables dependientes y los valores del ICC estimados por cada uno de los dispositivos como variables independientes. En la primera fila de la Tabla 2 se muestran los valores de R^2 para los diferentes dispositivos que muestran la capacidad que tienen los dispositivos móviles para funcionar como sistemas de visión por computador y reproducir los valores del ICC obtenidos utilizando el colorímetro, teniendo en cuenta además que los valores del ICC del colorímetro se obtienen en condiciones de laboratorio y que la zona de medida de estos dispositivos es muy reducida a diferencia de la zona de medida que proporciona la aplicación desarrollada. Se observa cómo la calidad del dispositivo, y por consiguiente de la cámara, influye en la precisión de los resultados obtenidos. En este caso, el último dispositivo tiene una cámara de menor calidad que los otros tres modelos y los resultados obtenidos muestran un menor acierto en la estimación del ICC.

El segundo objetivo del trabajo consiste en comprobar el comportamiento de la aplicación sobre los cuatro dispositivos móviles pero en este caso en condiciones de iluminación controladas respecto de los datos

obtenidos por el colorímetro. Se han utilizado las mismas 55 frutas del primer lote y los mismos dispositivos que en el ensayo de campo, pero esta vez repitiendo el proceso en laboratorio con condiciones de iluminación controladas para analizar en qué medida influye la luz ambiente respecto de los anteriores valores de R^2 . En la segunda fila de la Tabla 2 se muestran los valores de R^2 que relacionan cada uno de los dispositivos con los valores obtenidos con el colorímetro y obtenidos en condiciones de laboratorio. Se observa como los valores de R^2 resultan ser bastante altos. Viendo la tabla se aprecia como el ensayo realizado en condiciones controladas de iluminación en el laboratorio proporciona valores más altos de R^2 que los obtenidos en condiciones de campo, lo que refuerza la suposición inicial de que las condiciones de iluminación influyen significativamente en la estimación del ICC.

El último objetivo consiste en comprobar el comportamiento de los dispositivos móviles en comparación con los datos proporcionados por dos expertos utilizando las tarjetas de texturas. Para llevarlo a cabo se ha utilizado el segundo lote compuesto por 60 frutas y los mismos dispositivos que en los ensayos anteriores. Se ha repetido el proceso anterior con el nuevo conjunto de fruta, con los cuatro dispositivos y en condiciones de iluminación controladas. En este caso, los resultados se han comparado con los obtenidos por un panel formado por dos expertos en las mismas condiciones controladas, que eligieron la tarjeta de textura que más se aproximaba, según su criterio, al color real de la fruta.

Tabla 2. R^2 obtenido con los diferentes dispositivos en condiciones de campo y de laboratorio.

Dispositivo	Móvil Samsung S-III	Móvil Samsung S-III mini	Tableta Samsung Tab-2	Tableta Ampe A78
Cond. campo	0,76	0,75	0,76	0,67
Laboratorio	0,85	0,87	0,90	0,81

Según los resultados de los modelos de regresión realizados, todos los dispositivos muestran valores de R^2 superiores a 0,96, sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos. En la Tabla 3 se muestran los resultados de los modelos de regresión para los diferentes dispositivos utilizados. También se observa como la desviación estándar media es de solo 1,78 con valores que van desde -16 a 27. Por otra parte, hay que tener en cuenta que los valores mostrados en las tarjetas de texturas de color son discretos, ya que solo hay diez tarjetas e introducen una gran variabilidad en los datos en relación con las discontinuidades en las predicciones. Esto quiere decir que las tarjetas de texturas dan valores discretos y los expertos clasifican la fruta en un grupo específico cuando el color de dicho fruto es cercano al color de una tarjeta de textura u otra, por lo que el ICC proporcionado por dichas tarjetas es únicamente indicativo para realizar los tratamientos de desverdización correspondientes y no importa tanto el valor obtenido. Estos resultados validan la capacidad que tiene la aplicación desarrollada para proporcionar el valor del ICC de forma fiable atendiendo a unas simples condiciones de funcionamiento, de la misma forma que cuando realizamos una fotografía con cualquier dispositivo evitando en lo posible brillos y sombras causados por la luz ambiente.

CONCLUSIONES

Ciertas aplicaciones desarrolladas para poder ser utilizadas en dispositivos móviles inteligentes resultan ser de gran ayuda en el sector agroalimentario. En este trabajo se ha creado una nueva herramienta que ayuda en este sentido gracias a los sensores que incluyen estos dispositivos móviles, como es el caso de la cámara que incorporan, pudiendo así funcionar como un sistema portátil de visión por computador. La aplicación permite estimar el ICC de forma automática

Tabla 3. R^2 y desviación estándar obtenidos en la regresión múltiple entre los datos obtenidos por los expertos y los diferentes dispositivos en las mismas condiciones.

Dispositivo	Móvil Samsung S-III	Móvil Samsung S-III mini	Tableta Samsung Tab-2	Tableta Ampe A78
R^2	0,97	0,98	0,96	0,97
Desv. Est.	1,79	1,46	2,20	1,54

tanto durante la cosecha como tras la recolección. Las principales ventajas que aporta son la portabilidad, sencillez, bajo coste y fácil accesibilidad a estos sistemas, permitiendo una estimación del color de los cítricos en el campo y ayudando en la toma de decisiones del momento idóneo de recolección y los procesos de desverdizado que se deberán realizar.

Esta aplicación gratuita se puede instalar en cualquier dispositivo móvil con sistema operativo Android y no requiere de un aprendizaje previo por parte del usuario ni precisa calibración. Se trata de una característica fundamental ya que ninguna aplicación desarrollada para dispositivos móviles y disponible en el mercado ofrece un modo de funcionamiento on-line, sin entrenamiento del sistema, permitiendo que cualquier usuario sin ninguna preparación especializada pueda utilizar fácilmente la aplicación.

Para comprobar el funcionamiento de la aplicación se han realizado varios ensayos consistentes en comparar los valores del ICC obtenidos por diferentes dispositivos móviles en condiciones de campo y de laboratorio respecto a los valores obtenidos por colorímetros y la clasificación con tarjetas de texturas realizada por expertos. Los resultados se presentan prometedores y muestran la robustez de la aplicación, demostrando la viabilidad de utilizar aplicaciones sobre dispositivos móviles como sistemas de visión por computador portátiles para inspeccionar el color de los cítricos en vivo en campo y ayudando en la toma de decisiones de la cosecha, lo que presenta un gran avance en el sector agroalimentario.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el INIA a través de los proyectos de investigación RTA2012-00062-C04-01 y RTA2012-00062-C04-03 con el apoyo de los fondos europeos FEDER, y mediante el convenio de colaboración UPV-2013000005 entre IVIA y UPV.

BIBLIOGRAFÍA

- Campbell B.L., Nelson R.G., Ebel C.E., Dozier W.A., Adrian J.L., Hockema B.R. 2004. Fruit quality characteristics that affect consumer preferences for satsuma mandarins. *HortScience*, Vol. 39 (7), 1664-1669.
- Cubero S., Aleixos N., Moltó E., Gómez-Sanchis J., Blasco J. 2011. Advances in machine vision applications for automatic inspection and quality evaluation of fruits and vegetables. *Food and Bioprocess Technology*, Vol. 4(4), 487-504.
- Cuquerella J., Martínez-Jávega J.M., Monterde A., Navarro P., Salvador A. 2004. Nuevo sistema de medida de color para cítricos. *Levante Agrícola*, Vol. 372, 298-304.
- DOGV. 2006. Diari Oficial de la Comunitat Valenciana, Vol. 5346, 30321-30328.
- Gardner, J.L. 2007. Comparison of calibration methods for tristimulus colorimeters. *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology*, Vol. 112, 129-138.
- HunterLab. 2008. Applications note, 8(9), disponible en: <https://support.hunterlab.com/hc/en-us/articles/203997085-Hunter-L-a-b-Color-Scale-an08-96a>. Accedido en Abril de 2015.
- Jiménez-Cuesta M.J., Cuquerella J., Martínez-Jávega J.M. 1981. Determination of a color index for citrus fruit degreening. *Proc. of the International Society of Citriculture*, Vol. 2, 750-753.
- Lorente D., Aleixos N., Gómez-Sanchis J., Cubero S., García-Navarrete O.L., Blasco, J. 2012. Recent advances and applications of hyperspectral imaging for fruit and vegetable quality assessment. *Food and Bioprocess Technology*, Vol. 5(4), 1121-1142.
- Mendoza F., Dejmek P., Aguilera J.M. 2006. Calibrated color measurements of agricultural foods using image analysis. *Postharvest Biology and Technology*, Vol. 41, 285-295.
- Puder, A., Antebi, O. 2013. Cross-compiling Android applications to iOS and Windows Phone 7. *Mobile Netw. Appl.*, Vol. 18, 3-21.